



**(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 100 49 565 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 62 D 37/00**  
G 01 P 9/00  
G 01 P 3/50  
G 01 L 5/18

21 Aktenzeichen: 100 49 565-6  
22 Anmeldetag: 6. 10. 2000  
23 Offenlegungstag: 3. 5. 2001

(10) Unionspriorität:  
P 11-287368 07. 10. 1999 JP

(11) Anmelder:  
Aisin Seiki K.K., Kariya, Aichi, JP

(12) Vertreter:  
Tiedtke, Bühlung, Kinne & Partner, 80336 München

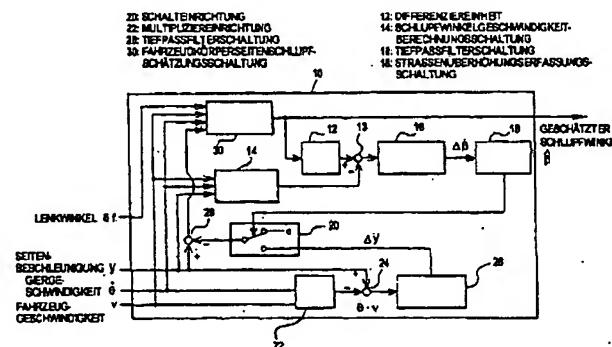
(72) Erfinder:  
Yamaguchi, Hiroyuki, Aichi, JP; Asano, Katsuhiro, Aichi, JP; Amano, Yasushi, Aichi, JP; Tozu, Kenji, Yokkaichi, Mie, JP; Nishio, Akitaka, Okazaki, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

#### ⑤ Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung

57) Bereitgestellt wird eine Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung, die eine Fahrzeugfahrt entlang einer überhöhten Straße, eine Seitenbeschleunigung und einen Seitenschlupfwinkel mit guter Genauigkeit erfassen kann. Der Seitenschlupfwinkel wird mittels einer Fahrzeukörperseitenschlupfwinkel-Schätzungsschaltung 30 auf der Grundlage eines Lenkwinkels  $\delta_f$ , einer Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  einer Giergeschwindigkeit  $\dot{\Theta}$  und einer Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  geschätzt. Darüber hinaus wird mittels einer Differenzierereinheit 23 der geschätzte Seitenschlupfwinkel zur Berechnung einer Schlupfwinkelgeschwindigkeit differenziert. Mittels einer Subtrahiereinrichtung 23 wird eine Abweichung zwischen der Schlupfwinkelgeschwindigkeit und einer durch eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung 24 erfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit berechnet. Durch die Abweichung kann eine überhöhte Straße infolge der Tatsache erfasst werden, dass die erfasste Schlupfwinkelgeschwindigkeit der Schaltung 24 die von einer Straßen-schräge abhängige Gravitationsbeschleunigungskomponente beinhaltet. Auf eine Erfassung einer Straßenüberhöhung hin wird eine Abweichung  $\Delta \dot{y}$  ( $= \dot{\Theta} \cdot V - \ddot{y}$ ) von einer Schaltungseinrichtung 30 ausgegeben und wird die erfasste Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  durch Subtraktion der Abweichung  $\Delta \dot{y}$  bei einer Subtrahiereinrichtung 38 korrigiert. Auf der Grundlage der resultierenden bzw. korrigierten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  wird der Fahrzeukörperseitenschlupfwinkel geschätzt. Eine derartige ...



DE 10049565 A 1

# DE 100 49 565 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung und insbesondere eine Vorrichtung zur Erfassung einer Seitenbeschleunigung und eines Seitenschlupfwinkels eines Fahrzeugs.

5 Aufgrund der Tatsache, dass ein teurer Bodenfahrzeuggeschwindigkeitssensor zur Bestimmung bzw. Messung eines Fahrzeugseitenschlupfwinkels erforderlich ist, welcher als ein Hinweis für die Fahrzeubewegungsrichtung eine bedeutende Zustandsgröße darstellt, wurde die Bestimmung des Fahrzeugseitenschlupfwinkels unter Verwendung eines deutlich günstigeren Sensors erforderlich.

10 Die ungeprüfte japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei. 8 (1996)-332934 offenbart eine Idee zur Verbesserung der Schätzgenauigkeit des Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkels bzw. des Fahrzeugkarosserieseitenschlupfwinkels durch Verbesserung der Straßenneigungsschätzgenauigkeit. Dabei erfolgt die Berechnung der Neigungsgroße wie nachstehend beschrieben: Auf der Grundlage eines Fahrzeugmodells wird die Änderungsrate einer Quergeschwindigkeit bzw. Seitengeschwindigkeit eines Fahrzeugs geschätzt, welche das Produkt aus einer Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  und einer Schlupfwinkelgeschwindigkeit darstellt. Eine Querbeschleunigungsabweichung bzw. Seitenbeschleunigungsabweichung wird durch Subtraktion der Seitenbeschleunigung  $G_y$  von dem Produkt aus der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  und der Giergeschwindigkeit  $\gamma$  berechnet. Die Seitenbeschleunigungsabweichung wird mit der vorstehend angeführten geschätzten Seitengeschwindigkeitsänderungsrate addiert und der niedrigfrequente Bestandteil der resultierenden Summe wird als die Größe der Schräge bzw. der Neigung veranschlagt.

15 Jedoch wird auf vorstehend angeführte Weise der Fahrzeugkörperseitenschlupf von der Größe der Neigung hergeleitet, die unter Verwendung der Seitengeschwindigkeitsänderungsrate bzw. der Schlupfwinkelgeschwindigkeit auf der Grundlage eines Fahrzeugmodells berechnet wird. Dies führt dazu, dass zusätzlich zu der Größe der Schräge Modellierungsfehler beinhaltet sind. Somit besteht über den Fall hinaus, dass das Fahrzeug entlang einer schrägen Straße wie etwa einer überhöhten Straße fährt, auch für den Fall, dass das Fahrzeug entlang einer flachen Straße fährt, die Befürchtung, dass die Genauigkeit einer Schätzung des Fahrzeugkörperseitenschlupfes verringert wird.

20 25 Die Erfindung wurde angesichts der vorstehend angeführten Nachteile der bekannten Vorrichtung entwickelt und weist somit als ein primäres Ziel die Bereitstellung einer Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung auf, die Fahrzeugfahrzustandsgrößen bzw. Fahrzeugfahrzustandsvariable wie etwa einen Seitenschlupfwinkel mit hoher Genauigkeit unabhängig vom Straßenflächenzustand ermitteln kann, und ausgestattet ist, mit:

25 30 einer Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung zur Schätzung eines Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkels auf der Grundlage eines Fahrzeugmodells, das von einem Straßenflächenneutralschlupfzustand abhängt; einer Erfassungseinrichtung zur Erfassung, ob das Fahrzeug auf einer schrägen Straße fährt oder nicht, auf der Grundlage einer Abweichung zwischen einer erfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit und einer auf dem geschätzten Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel bei der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung beruhenden berechneten Schlupfwinkelgeschwindigkeit, und

35 einer Korrekturseinrichtung zur Korrektur einer erfassten Seitenbeschleunigung, wenn die Erfassungseinrichtung erfasst, dass das Fahrzeug auf der schrägen Straße fährt.

Die Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie den Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel auf der Grundlage der bei der Korrekturseinrichtung korrigierten Seitenbeschleunigung schätzt.

40 Die Erfassungseinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie beinhaltet: (a) eine Differenziereinheit, in der der bei der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung geschätzte Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel bezüglich der Zeit differenziert wird, (b) eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Erfassungseinheit, die eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit auf der Grundlage der erfassten Seitenbeschleunigung, einer erfassten Giergeschwindigkeit und einer erfassten Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt, (c) eine Subtrahiereinheit, die eine Subtraktion zwischen einer bei der Differenziereinheit berechneten Schlupfwinkelgeschwindigkeit und der bei der Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Erfassungseinheit erfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit ausführt und (d) eine Vergleichseinheit, die einen Vergleich zwischen der bei der Subtrahiereinheit berechneten Abweichung und einem Schwellenwert durchführt.

45 Die Korrekturseinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Korrektur der Seitenbeschleunigung in einer derartigen Weise ausführt, dass von der erfassten Seitenbeschleunigung eine Abweichung zwischen der erfassten Seitenbeschleunigung und einem Produkt aus der erfassten Giergeschwindigkeit und der erfassten Fahrzeuggeschwindigkeit subtrahiert wird.

50 Die Korrekturseinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Korrektur der erfassten Seitenbeschleunigung auf der Grundlage einer Gravitationsbeschleunigung entlang einer vertikalen Fahrzeugrichtung ausführt.

55 Gemäß der Erfindung erfolgt eine Erfassung einer Schräge einer Straße bzw. einer überhöhten Straße und eine Korrektur erfasster Werte wie etwa einer Seitenbeschleunigung an einer überhöhten Straße in separater Weise. Im Einzelnen erfolgt die Erfassung der Schräge der Straße bzw. der Straßenüberhöhung auf der Grundlage der Abweichung zwischen der tatsächlich erfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit und der von dem Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel auf der Grundlage eines Fahrzeugmodells hergeleiteten berechneten Schlupfwinkelgeschwindigkeit. Der auf dem Straßenflächenzustandsabhängigen Fahrzeugmodell beruhende Schlupfwinkel beinhaltet keine Fehler, die aus dem Schlupf bzw. dem Rutschen bezüglich der Straßenfläche resultieren, beinhaltet aber einen aus der Schräge der Straße resultierenden konstanten Fehlerwert bzw. eine DC-Fehlerkomponente. Somit beinhaltet die Schlupfwinkelgeschwindigkeit als die Änderung des Schlupfwinkels im Verlauf der Zeit nicht einen derartigen DC-Fehler. Andererseits beinhaltet die sensorerfasste Schlupfwinkelgeschwindigkeit einen aus der Schräge der Straße resultierenden DC-Fehler. Somit zeigt die Abweichung zwischen den beiden Schlupfwinkelgeschwindigkeiten eine DC-Fehlerkomponente als Hinweis auf die Schräge der Straße, woraus resultiert, dass unabhängig von dem Straßenflächenzustand die Schräge der Straße bzw. die Straßenüberhöhung mit sehr guter bzw. hoher Genauigkeit bzw. Präzision erfasst werden kann. Auf eine Erfassung einer Straßenschräge bzw. einer Straßenüberhöhung hin wird beispielsweise die in der erfassten Seitenbeschleunigung beinhaltete DC-Fehlerkomponente durch Erzielung einer Abweichung zwischen der erfassten Seitenbeschleunigung und dem Pro-

# DE 100 49 565 A 1

dukt aus der erfassten Giergeschwindigkeit und der erfassten Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet. Eine Subtraktion der resultierenden DC-Fehlerkomponente von der erfassten Seitenbeschleunigung erzielt die Korrektur der erfassten Seitenbeschleunigung. Obwohl die Abweichung zwischen der erfassten Seitenbeschleunigung und dem Produkt aus der erfassten Giergeschwindigkeit und der erfassten Fahrzeuggeschwindigkeit die DC-Fehlerkomponente der aus der Schräge der Straße resultierenden Seitenbeschleunigung darstellt, kann eine Fehlerkomponente hinsichtlich der Seitenbeschleunigung manchmal vorgefunden werden, wenn sich die Straßenfläche in einem glatten bzw. rutschigen Zustand (slip condition) befindet, selbst wenn die Straße flach ist. Wird somit eine Struktur verwendet, bei der die Seitenbeschleunigung immer durch Berechnung der Seitenbeschleunigungsabweichung zu korrigieren ist, würde eine fälschliche Korrektur auf einer flachen Straße ausgeführt. Erfindungsgemäß wird eine Erfassung einer Straßenschräge bzw. einer Straßenüberhöhung mit sehr hoher Genauigkeit bzw. Präzision ausgeführt, wobei nur auf eine Offensichtlichkeit bzw. ein Erkennen der Straßenschräge hin die erfasste Seitenbeschleunigung korrigiert wird. Dies verhindert eine fehlerhafte Korrektur mit dem Ergebnis, dass eine Erfassung der Seitenbeschleunigung mit sehr hoher Genauigkeit bei einer flachen Straße und darüber hinaus selbst bei einer überhöhten Straße erfolgen kann.

Zur Erlangung der Schlupfwinkelgeschwindigkeit aus dem Schlupfwinkel, der auf der Grundlage des straßenflächen-zustandsabhängigen Fahrzeugmodells geschätzt wird, kann beispielsweise eine Differenzierung des Schlupfwinkels bezüglich der Zeit in der Differenziererheit ausgeführt werden, die die DC-Fehlerkomponente in dem geschätzten Schlupfwinkel eliminiert. Darüber hinaus kann die Schlupfwinkelgeschwindigkeit berechnet werden, indem die sensorisch erfasste Seitenbeschleunigung, Giergeschwindigkeit und Fahrzeuggeschwindigkeit in einer zugehörige Formel eingesetzt werden. Infolge der Tatsache, dass die Abweichung zwischen den beiden Schlupfwinkeln proportional mit der Zunahme des Winkels der Straßenschräge ansteigt, ermöglicht ein Vergleich der Abweichung mit dem vorbestimmen Schwellenwert die Ermittlung, ob die Straße eine schräge Straße bzw. eine Straße mit einer Überhöhung darstellt oder nicht.

Die erfindungsgemäß korrigierte Seitenbeschleunigung kann beispielsweise zur Schätzung des Seitenschlupfwinkels verwendet werden. Dies ermöglicht eine Schätzung des Seitenschlupfwinkels nicht nur auf einer flachen Straße, sondern auch auf einer schrägen Straße. Erfolgt eine Schätzung des Seitenschlupfwinkels durch Verwendung einer Seitenbeschleunigung vor deren Korrektur, beinhaltet der resultierende geschätzte Wert allerdings eine Fehlerkomponente. Erfolgt eine Schätzung des Seitenschlupfwinkels durch Verwendung einer Seitenbeschleunigung nach deren Korrektur, wird der resultierende geschätzte Seitenschlupfwinkel unbeeinflusst von der Straßenschräge bzw. Straßenneigung und erzielt eine sehr hohe Genauigkeit.

Das vorstehende und weitere Ziele, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nachstehenden detaillierten Beschreibung eines bevorzugten exemplarischen Ausführungsbeispiels der Erfindung in Verbindung mit der angefügten Zeichnung ersichtlich.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipansicht einer erfindungsgemäßen Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel-Schätzungsschaltung der Vorrichtung gemäß Fig. 1,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung der Schaltung gemäß Fig. 2,

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Schätzwert-Korrekturschaltung der Schaltung gemäß Fig. 2,

Fig. 5 eine Blockschaltbild einer Normalzustand-Korrekturschaltung der Schaltung gemäß Fig. 4,

Fig. 6 ein Blockschaltbild einer Korrekturschaltung für eine abnormale Drehbewegung der Schaltung gemäß Fig. 4,

Fig. 7 ein Funktionsblockschaltbild einer Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung der Vorrichtung gemäß Fig. 1,

Fig. 8 ein weiteres Funktionsblockschaltbild einer Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung der Vorrichtung gemäß Fig. 1,

Fig. 9 eine Darstellung zur Veranschaulichung einer Funktionsweise einer Straßenüberhöhungserfassungsschaltung der Vorrichtung gemäß Fig. 1,

Fig. 10 jeweils Zeitverläufe,

Fig. 11 ein Blockschaltbild einer weiteren Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel-Schätzungsschaltung der Vorrichtung gemäß Fig. 1, und

Fig. 12 ein Blockschaltbild eines Schätzungssystems auf der Grundlage eines nicht linearen Modells der Schaltung gemäß Fig. 11.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die angefügte Zeichnung detailliert beschrieben. Gemäß den Ausführungsbeispielen wird Fahrzeugkarosserie- bzw. Fahrzeugkörperseitenschlupf auf der Grundlage einer Seiten- bzw. Querbeschleunigung geschätzt.

Gemäß Fig. 1 wird zunächst eine Prinzipdarstellung einer Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung 10 als einem Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Die Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung 10 beinhaltet eine Fahrzeugkörperseitenabreitschwinkel- bzw. Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel-Schätzungsschaltung 30, zu welcher ein Lenkwinkel  $\delta_f$ , eine Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$ , eine Gierrate bzw. Giergeschwindigkeit  $\Theta$  und eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  zugeführt werden, welche jeweils durch einen Lenksensor, einen Seitenbeschleunigungssensor, einen Giergegeschwindigkeitssensor und einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor erfasst werden.

Die Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel-Schätzungsschaltung 30 ist so ausgeführt, dass sie einen Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel (vehicle-body sideslip angle) auf der Grundlage eines Fahrzeugmodells (vehicle model) schätzt, das einen Straßenleitzustand bzw. Straßenrutschzustand (road slipping condition) berücksichtigt. Als ein Beispiel einer derartigen Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel-Schätzungsschaltung 30 ist das in der japanischen Patentoffenlegungsschrift (ungeprüfte Patentveröffentlichung) Nr. Hei. 9 (1997)-311042 offenbart Fahrzeugmodell verfügbar.

Gemäß Fig. 2 wird ein Blockschaltbild der Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel-Schätzungsschaltung 30 veranschaulicht. Die Fahrzeugkörperseiten schlupfwinkel-Schätzungsschaltung 30 umfasst eine Reifeneigenschaften-Bestimmungs-

# DE 100 49 565 A 1

schaltung 32, eine Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkele-Schätzungsschaltung 34, eine Schätzwert-Korrekturschaltung 36, eine Addiereinrichtung 38 und einen Tiefpassfilter 40. Die Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung 32 beurteilt eine Wegfläche bzw. Straßenfläche auf der Grundlage des Lenkwinkels  $\delta_f$ , der Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$ , der Giergeschwindigkeit  $\dot{\Theta}$  und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ . Auf der Grundlage des Ergebnisses der Straßenflächenbeurteilung, eines Ausgangswerts der Schaltung 30, des Lenkwinkels  $\delta_f$ , der Giergeschwindigkeit  $\dot{\Theta}$  und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  wählt die Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung 32 die Reifeneigenschaften eines jeden der Vorder- und Hinterräder aus.

Als die resultierenden bzw. ausgewählten Reifeneigenschaften werden von der Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung 32 eine Reifenseitenführungsleistung  $C_p$ , eine Seitenführungskraft  $S_F$  und ein Reifenschlupfwinkel  $\beta_F$  jeweils der Vorder- und Hinterräder sowohl an die Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkele-Schätzungsschaltung 34 und die Schätzwert-Korrekturschaltung 36 ausgegeben. Darüber hinaus führt die Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung 32 das Straßenflächenbeurteilungsergebnis WEG der Schätzwert-Korrekturschaltung 36 zu.

Die Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkele-Schätzungsschaltung 34 berechnet einen Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkele-Schätzwert gemäß einer Bewegungsgleichung, in die der Lenkwinkel  $\delta_f$ , die Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$ , die Giergeschwindigkeit  $\dot{\Theta}$ , die Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  und die nicht linearen Reifenparameter  $C_p$ ,  $S_F$  und  $\beta_F$  eingesetzt werden. Das Ergebnis wird der Addiereinrichtung 38 zugeführt. Die Schätzwert-Korrekturschaltung 36 berechnet einen Korrekturwert  $\Delta\beta$  des Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkels auf der Grundlage des Ausgangswerts der Schaltung 30, des Lenkwinkels  $\delta_f$ , der Giergeschwindigkeit  $\dot{\Theta}$ , der Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$ , der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ , den nicht linearen Reifenparametern  $C_p$ ,  $S_F$  und  $\beta_F$  und dem Straßenflächenbeurteilungsergebnis. Das Ergebnis wird der Addiereinrichtung 38 zugeführt.

Die Addiereinrichtung 38 addiert den Fahrzeugkörperseitenschlupfinkel und den Korrekturwert  $\Delta\beta$  und führt das Ergebnis dem Tiefpassfilter 40 zu. Der Tiefpassfilter 40 entfernt ein hochfrequentes Rauschen aus dem von der Schaltung 34 zugeführten addierten Wert und gibt das Ergebnis als einen letzten oder formalen Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkele-Schätzwert  $\hat{\beta}$  der Addiereinrichtung 38 aus.

Gemäß Fig. 3 wird ein Blockschaltbild der Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung 32 veranschaulicht. Die Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung 32 umfasst eine Nachbildungseinheit bzw. eine Modeleinheit 42 für eine beständige Kreisdrehung, eine Straßenflächenbeurteilungsschaltung 44 und eine Reifeneigenschaften-Auswahlschaltung 46.

Die Modeleinheit 42 für eine beständige Kreisdrehung gibt auf der Grundlage des Lenkwinkels  $\delta_f$ , der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  und weiterer fahrzeugkörperbezogener konstanter Werte einen Modellwert einer Seitenbeschleunigung (Seiten-G) an die Straßenflächenbeurteilungsschaltung 44 aus. Die fahrzeugkörperbezogenen konstanten Werte entsprechen: Fahrzeuggewicht = 1450 kg, Gierträgheitsmoment = 3709 kg · m<sup>2</sup>, Vorderradseitenführungsleistung  $C_r = 2 \times 33991 \text{ N/rad}$ , Hinterradseitenführungsleistung  $C_r = 2 \times 570970 \text{ N/rad}$ , Abstand L<sub>f</sub> zwischen Vorderrad und Massenmittelpunkt = 1,276 m, Abstand L<sub>r</sub> zwischen Hinterrad und Massenmittelpunkt = 1,414 m, Abstand L<sub>x</sub> zwischen Hinterrad und Seitenbeschleunigungssensor = 1,3 m, Vorderradübersetzungsverhältnis  $Gr = 14,5$ . Natürlich sind diese Werte beispielhaft und es sind weitere geeignete Werte verfügbar.

Die Straßenflächenbeurteilungsschaltung 44 vergleicht den Seiten-G-Modellwert der Modeleinheit 42 für eine beständige Kreisdrehung mit der erfassten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  zur Beurteilung, ob die Straßenfläche trocken, nass, mit Schnee bedeckt, eisig und dergleichen ist, und gibt das Ergebnis als das Straßenflächenbeurteilungsergebnis WEG aus.

Auf der Grundlage des Straßenflächenbeurteilungsergebnisses WEG wählt die Eigenschaftenauswahlschaltung 46 eine von vorbereiteten Straßenflächenzustandsabhängigen Reifeneigenschaftenparameterverzeichnissen aus und bestimmt die nicht linearen Parameter  $C_p$ ,  $S_F$  und  $\beta_F$  eines jeden Rads der Vorder- und Hinterräder gemäß dem aus dem Lenkwinkel  $\delta_f$ , dem Wert  $\dot{\Theta}$  und dem Wert  $V$  berechneten Reifenschlupfwinkel.

Unter Bezugnahme auf Fig. 4 wird ein Blockschaltbild der Schätzwert-Korrekturschaltung 36 gemäß Fig. 2 veranschaulicht. Die Schätzwert-Korrekturschaltung 36 beinhaltet eine Normalzustand-Korrekturschaltung 48, eine Korrekturschaltung 50 für einen abnormalen Drehzustand, eine Beurteilungsschaltung 52 für einen abnormalen Drehzustand und einen Korrekturschaltstromkreis 54. Dabei wird darauf hingewiesen, dass die Ausdrücke "Normalzustand" und "abnormaler Drehzustand" jeweils "einen Fahrzeugzustand nach einem Fahrspurwechselabschluss und gerade vor einem abnormalen Drehzustand" und "einen instabilen Fahrzeugbewegungszustand nach einer von einem Übersteuerungsvorgang resultierenden Drehbewegung" bedeuten.

Gemäß Fig. 5 ist ein Blockschaltbild der Normalzustand-Korrekturschaltung 48 veranschaulicht. Die Normalzustand-Korrekturschaltung 48 umfasst eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung 56, eine Differenzierschaltung 58, einen Tiefpassfilter 60, eine Korrekturverstärkungseinheit 62 und eine Korrekturschaltung 64. Die Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung 56 berechnet eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta} = d\beta/dt$  auf der Grundlage der Parameter  $\ddot{y}$ ,  $\dot{\Theta}$ ,  $V$  und der entsprechenden Formeln.

Die Differenzierschaltung 58 berechnet einen Schätzwert der Schlupfwinkelgeschwindigkeit durch Differenzierung des Ausgangswerts der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkele-Schätzungsschaltung 30 bezüglich der Zeit und berechnet für eine Ausgabe zu der Tiefpassfilterschaltung 60 einen Schlupfwinkelgeschwindigkeitsfehlerwert  $\Delta\dot{\beta}$ , der eine Abweichung zwischen dem resultierenden Schätzwert der Schlupfwinkelgeschwindigkeit und der Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  darstellt.

Der Tiefpassfilter führt den Schlupfwinkelgeschwindigkeitsfehlerwert  $\Delta\dot{\beta}$  nach einer Eliminierung von darin enthaltenem Sensorrauschen und dem vorangegangenen Differenziervorgang weiter.

Der Korrekturverstärkungswert K1 stellt eine variable Verstärkung dar, die von dem vorstehend angeführten Straßenflächenbeurteilungsergebnis WEG abhängt, wobei ein geringerer Verstärkungswert K1 ausgewählt wird, wenn der Straßenflächenreibungskoeffizient  $\mu$  geringer wird. Ein Produkt aus dem tiefpassgefilterten Winkelgeschwindigkeitsfehlerwert  $\Delta\dot{\beta}$  und dem Korrekturverstärkungswert K1 wird erzielt und der Korrekturschaltung 64 zugeführt.

Die Korrekturschaltung 64 berechnet einen für einen Normalzustand geschätzten Korrekturwert  $\Delta\beta$  auf der Grundlage des resultierenden Produkts, dem nicht linearen Reifenparameter  $C_p$  und der Fahrzeugmasse m.

# DE 100 49 565 A 1

Darüber hinaus umfasst gemäß Fig. 6 die Schätzungskorrekturschaltung 50 für eine abnormale Drehbewegung eine Differenzierschaltung 66, eine Gierwinkelbeschleunigung-Schätzungsschaltung 68, eine Seiten-G-Schätzungsschaltung 70, eine Integriertschaltung 72, eine Summenfehlervergleichsschaltung 74, einen Verstärkungsschaltstromkreis 76, eine Korrekturverstärkungseinheit 78, eine Korrekturverstärkungseinheit 80 und eine Korrekturschaltung 82. Die Differenzierschaltung 66 differenziert den Parameter  $\Theta$  bezüglich der Zeit (t), um eine Gierwinkelbeschleunigung  $\dot{\Theta} = d^2\Theta/dt^2$  zu erlangen.

Die Gierwinkelbeschleunigung-Schätzungsschaltung 68 berechnet einen Gierwinkelbeschleunigungsschätzwert auf der Grundlage von Bewegungsformeln, in welche der Ausgangswert der Schaltung 30, die Werte  $\delta\theta$ ,  $\Theta$ ,  $V$  und die nicht linearen Reifenparameter  $C_p$ ,  $S_F$  und  $\beta F$  eingesetzt werden. Eine Abweichung  $\Delta\Theta = d^2\Delta\Theta/dt^2$  wird aus dem Ergebnis und der Gierwinkelbeschleunigung berechnet.

Die Seiten-G-Schätzungsschaltung 70 differenziert den Ausgangswert der Schaltung 30 bezüglich der Zeit (t) und schätzt die Seitenbeschleunigung bzw. den Seiten-G-Wert durch Einsetzen der Werte  $\Theta$  und  $V$  in Formeln. Eine Abweichung oder ein Fehler zwischen dem geschätzten Seiten-G-Wert und dem erfassten Wert  $\ddot{y}$ , die bzw. der als Formel ausgedrückt  $\Delta\ddot{y} = d^2\Delta y/dt^2$  entspricht, wird zur Ausgabe an die Integriertschaltung 72 berechnet.

Die Integriertschaltung 72 integriert mittels einer Pseudo-Integration den Seiten-G-Fehler  $\Delta\ddot{y}$  bezüglich der Zeit (t), wobei das Ergebnis  $\Delta\ddot{y} = d\Delta\ddot{y}/dt$  an die Summenfehlervergleichsschaltung 74 ausgegeben wird.

Die Summenfehlervergleichsschaltung 74 vergleicht den Absolutwert des erlangten Ergebnisses  $\Delta\ddot{y} = d\Delta\ddot{y}/dt$  mit einem Schwellenwert. Zeigt das Ergebnis an, dass der erstgenannte Wert gleich oder geringer als der Schwellenwert (bzw. größer als der Schwellenwert) ist, gibt die Schaltung 74 ein Signal SEL an den Verstärkungsschaltstromkreis 76 zur Auswahl der Korrekturverstärkung K2 (bzw. K3) aus.

Der ausgegebene Gierwinkelbeschleunigungsfehler, der Tiefpassschaltung 70, der dargestellt wird durch  $\Delta\Theta = d^2\Delta\Theta/dt^2$ , wird in Abhängigkeit von dem Signal SEL der Schaltung 74 mit einem der Korrekturverstärkungsfaktoren K2 und K3 verschaltet. Ein Produkt aus dem Gierwinkelbeschleunigungsfehler, und dem Korrekturverstärkungsfaktor wird in einer jeden Verstärkungseinheit gebildet und an die Korrekturschaltung 82 ausgegeben.

Die Korrekturschaltung 82 berechnet einen Schätzwert für einen abnormalen Drehbewegungszustand auf der Grundlage des vorstehend angeführten Ergebnisses bzw. Produktes, dem nicht-linearen Reifenparameter  $C_p$ , dem Gierträgheitsmoment  $J_g$ , dem Abstand zwischen dem Massenmittelpunkt und dem Vorderrad Lf und dem Abstand zwischen dem Massenmittelpunkt und dem Hinterrad Lr.

Die Beurteilungsschaltung 52 für einen abnormalen Drehzustand beurteilt auf der Grundlage des von der Reifeneigenschaften-Bestimmungsschaltung 32 ausgegebenen Seiten-G-Modellwerts, ob der Drehzustand abnormal ist oder nicht, und gibt ein Ergebnissignal SPIN an den Korrekturschaltstromkreis 54 aus.

In Abhängigkeit des Ergebnissignals SPIN selektiert und gibt der Korrekturschaltstromkreis 54 entweder die Korrekturwerte  $\Delta\beta$  der Normalzustand-Korrekturschaltung 48 oder die Korrekturwerte  $\Delta\beta$  der Korrekturschaltung 50 für einen abnormalen Drehzustand aus.

Somit gibt die Schaltung 30 den geschätzten Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel als Reaktion auf die Reifeneigenschaften aus, welche von der Reifennichtlinearität und dem Rutsch- bzw. dem Gleitzustand der Straßenfläche abhängen. Dabei ist anzumerken, dass die Einzelheiten der Schaltung 30 in der vorstehend angeführten ungeprüften japanischen Veröffentlichung Nr. Hei 9 (1997)-311042 beschrieben sind.

Der von der Schaltung 30 ausgegebene Schätzwert, das heißt der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzwert  $\hat{\beta}$ , der auf dem den Rutsch- bzw. Gleitzustand der Straßenfläche berücksichtigenden Fahrzeugmodell beruht, wird einer Differenziereinheit 12 zugeführt. Die Differenziereinheit 12 differenziert den Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzwert  $\hat{\beta}$  zur Erlangung einer Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$ , wobei die resultierende Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  einer Subtrahiereinrichtung 13 zugeführt wird. Fährt das Fahrzeug dabei auf einer Straße mit einer Schrägen bzw. einer Straßenüberhöhung wirkt zusätzlich zu dem Originalwert  $\ddot{y}$  in Abhängigkeit von dem Winkel der Schrägen die Gravitationsbeschleunigung auf das Fahrzeug ein, woraus resultiert, dass der von der Schaltung 30 ausgegebene Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzwert  $\hat{\beta}$  in vorhersehbarer Weise eine der Schrägen folgende Gleichstromkomponente bzw. DC-Komponente beinhaltet. Jedoch wird eine derartige DC-Komponente durch Differenzierung seitens der Differenziereinheit 12 eliminiert, was die Erlangung der Schlupfwinkelgeschwindigkeit mit hoher Genauigkeit ermöglicht.

Andererseits werden die Werte von  $\ddot{y}$ ,  $\Theta$  und  $V$  der die Schlupfwinkelgeschwindigkeit erfassenden Schaltung 14 zugeführt. Wie später noch zu erläutern ist, wird im Anfangsstadium darauf hingewiesen, dass der Seitenbeschleunigungswert  $\ddot{y}$  der Subtrahiereinrichtung 28 nur von dem Sensor eingespeist wird.

Gemäß Fig. 7 wird ein Funktionsblockschaltbild der Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung 14 veranschaulicht. Der Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung 14 werden die Werte von  $\ddot{y}$ ,  $\Theta$  und  $V$  zur Ausgabe der Schlupfwinkelgeschwindigkeit gemäß  $\dot{\beta} = \ddot{y}/V - \Theta$  eingegeben bzw. zugeführt. Fährt das Fahrzeug entlang einer Straße mit einer Schrägen, beinhaltet der Wert  $\ddot{y}$  eine Gleichstromkomponente bzw. DC-Komponente der Gravitation, woraus resultiert, dass infolge der Schrägen zwangsläufig eine DC-Komponente als ein Versatz bzw. ein Offset in der Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  beinhaltet ist. Die resultierende Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  wird der Subtrahiereinrichtung 13 zugeführt. Ist die Fahrzeuggeschwindigkeit konstant, verursacht die Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung 14 mit den in Fig. 7 dargestellten Steuerfaktoren keine Probleme. Ändert sich jedoch die Fahrzeuggeschwindigkeit gemäß Fig. 8, wird in der Steuerung vorzugsweise eine Beschleunigung zusätzlich zu den vorstehend angeführten Steuerfaktoren berücksichtigt. Das heißt, vorzugsweise wird die Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  durch die Formel  $\dot{\beta} = (\ddot{y} - \dot{\beta}_c) V/V - \Theta$  erzielt.

Durch die Subtrahiereinrichtung 13 wird eine Abweichung zwischen der sehr genauen Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  und der durch die Schaltung 14 erlangten Schlupfwinkelgeschwindigkeit  $\dot{\beta}$  berechnet. Wie vorstehend erläutert, beinhaltet der Wert  $\dot{\beta}$  keine der Schrägen folgende DC-Komponente und gibt somit eine sehr genaue Schlupfwinkelgeschwindigkeit an, während der Wert  $\dot{\beta}_c$  eine der Schrägen folgende DC-Komponente beinhaltet. Aufgrund einer derartigen Abweichungsberechnung kann nur die Schlupfwinkelgeschwindigkeit gewonnen werden, die aus der der Schrägen folgenden DC-Komponente bzw. der durch die Schrägen verursachten Gravitationsbeschleunigungskomponente verursacht

# DE 100 49 565 A 1

wird.

Ein Ausgangssignal der Subtrahiereinrichtung 13 bzw. die Abweichung  $\Delta\beta$  wird dem Tiefpassfilter zur Eliminierung seines Hochfrequenzbestandteils zugeführt und danach einer Überhöhungserfassungsschaltung 18 zugeführt. Durch die Überhöhungserfassungsschaltung 18 wird in Abhängigkeit des Werts bzw. der Größe der Abweichung  $\Delta\beta$  die Schräge der Straße festgelegt. Das heißt, je größer die Schräge der Straße ist, desto größer ist die Abweichung  $\Delta\beta$ , woraus resultiert, dass die Straße als schräg eingeschätzt wird, wenn eine Vergleichseinrichtung anzeigt, dass die Abweichung  $\Delta\beta$  einen Schwellenwert überschreitet.

Es ist dabei anzumerken, dass das nachstehende Verfahren ebenso für eine hochgenaue Feststellung verfügbar ist, ob die Straße eine Schräge aufweist oder nicht. Fig. 9 veranschaulicht in Abhängigkeit der Zeit eine Veränderung eines Werts  $E = \Delta\beta * V/\delta t$ , welcher proportional zu  $\Delta\beta$  ist. In der Zeichnung bzw. der Darstellung bezeichnet die x-Achse die Zeit ( $t$ ) und bezeichnet die y-Achse den Wert  $E$ . Beginnt das Fahrzeug entlang einer überhöhten Straße bzw. einer Straße mit einer Schräge zu fahren, steigt der Wert  $E$  mit der Zeit an. Stellt die Vergleichseinrichtung fest, dass der Wert  $E$  einen eingestellten Schwellenwert  $E_0$  übersteigt, erfolgt bei einem jeden Zeitpunkt  $t_1, t_2, t_3, \dots$  eine Integration zur Berechnung eines entsprechenden Werts  $E(1), E(2), E(3), \dots$  das heißt es erfolgt eine Integration eines Fehlers. Je steiler die Schräge der Straße bzw. die Straßenüberhöhung ist, desto schneller erreicht der Integrationswert den eingestellten Wert. Dies ermöglicht eine sehr schnelle Erfassung selbst einer steilen Straßenschräge ohne Beeinflussung durch Rauschen.

Darüber hinaus handelt es sich im Allgemeinen bei einer Straßenüberhöhung bzw. einer Straße mit einer Schräge um eine leichte Neigung bzw. leichte Schräge, was dazu führt, dass eine konstante Gravitationsbeschleunigung in der Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  beinhaltet ist und dass der Frequenzbereich im Wesentlichen im Gleichstrombereich bzw. DC-Bereich liegt. Selbst wenn die Frequenz des Tiefpassfilters 16 gering ist, tritt somit kein Problem auf. Ist jedoch die Frequenz des Tiefpassfilters 16 extrem gering, kann eine Verzögerung hinsichtlich des Antwortsignals auftreten. Deshalb soll die Frequenz des Tiefpassfilter höher, vorzugsweise über 0,05 Hz liegen.

Die Überhöhungserfassungsschaltung 18 gibt auf eine Erfassung der Straßenüberhöhung bzw. der Schräge der Straße gemäß vorstehender Erläuterung ein Erfassungssignal an eine Schalteinrichtung 20 aus.

Andererseits werden die Parameter  $\Theta$  und  $V$  einer Multipliziereinrichtung 22 eingespeist. Die Multipliziereinrichtung 22 erzielt ein Produkt aus den Parametern  $\Theta$  und  $V$  und führt das resultierende Produkt einer Subtrahiereinrichtung 24 zu, zu welcher die Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  zugeführt wird. Durch die Subtrahiereinrichtung 24 erfolgt eine Subtraktion  $\ddot{y} - \Theta \times V$ . Wie vorstehend angeführt beinhaltet die Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  eine von der Schräge der Straße abhängige DC-Gravitationskomponente, wenn das Fahrzeug entlang der Straßenüberhöhung fährt. Wird auf diese Weise vor der Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  der Ausdruck  $\Theta \times V$  subtrahiert, kann auf diese Weise nur die DC-Komponente gewonnen werden. Die Abweichung wird so einem Tiefpassfilter zugeführt, um seine höhere Frequenzkomponente zu entfernen, und wird danach der Schalteinrichtung 20 als eine aus der Schräge resultierende DC-Fehlerkomponente  $\Delta\ddot{y}$  zugeführt.

Gemäß den Ausführungsbeispielen wird die Abweichung  $\Delta\ddot{y}$  der Seitenbeschleunigung der Schalteinrichtung 20 zugeführt und wird auf diese Weise die Abweichung der Subtrahiereinrichtung 28 zur Korrektur der sensorerfassten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  nur zugeführt, wenn die Überhöhungserfassungsschaltung 18 erfassst, dass das Fahrzeug gegenwärtig entlang einer Straßenüberhöhung bzw. einer Straße mit einer Schräge fährt, was dazu führt, dass die Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  mit hoher Genauigkeit erzielt wird. Handelt es sich somit um eine Straße mit keiner Überhöhung, aber mit einem geringen Reibungskoeffizient bzw. einem geringen Wert  $\mu$ , erfassst die Straßenüberhöhungserfassungsschaltung 18 keine Straßenüberhöhung und gibt die Schalteinrichtung 20 gemäß dem von der Straßenüberhöhungserfassungsschaltung 18 ausgegebenen Steuersignal einen Wert 0 an die Subtrahiereinrichtung 28 aus. (Dabei wird die sensorerfasste Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  nicht korrigiert. Die Schaltung 30 schätzt den Schlupfwinkel auf der Grundlage des Rutschzustands bzw. des Gleitzustands der Straßenfläche, womit schließlich der geschätzte Schlupfwinkel  $\hat{\beta}$  einen dem realen Wert sehr nahen Präzisionswert annimmt.) Darüber hinaus gibt im Falle einer Straßenüberhöhung die Schalteinrichtung 20 gemäß dem Steuersignal von der Schaltung 18 die Abweichung  $\Delta\ddot{y}$  der Seitenbeschleunigung an die Subtrahiereinrichtung 28 zur Subtraktion derselben von der erfassten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  aus, das heißt eine derartige Subtraktion erfolgt zur Berechnung der realen Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  durch Eliminierung der aus der Straßenüberhöhung resultierenden Abweichung. Die korrigierte Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  wird der Schaltung 30 zugeführt. Dies ermöglicht eine Erfassung des Schlupfwinkels unabhängig von einer Straßenüberhöhung.

Auf diese Weise wird die Schlupfwinkelgeschwindigkeit in der Erfindung mit hoher Genauigkeit so berechnet, dass der Gleit- bzw. Rutschzustand der Straßenfläche wie etwa ein trockener oder schneebedeckter Zustand berücksichtigt werden, wobei eine Erfassung, dass die überhöhte Straße eine Straßenüberhöhung darstellt, auf der Grundlage einer Abweichung zwischen der berechneten Schlupfwinkelgeschwindigkeit und der sensorerfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit, das heißt auf der Grundlage der Fehlerkomponente der aus der Schräge der Straße resultierenden Schlupfwinkelgeschwindigkeit, erfolgen kann. Nur wenn eine Straßenüberhöhung erfassst wird, wird die Abweichung zwischen dem Produkt aus der Giergeschwindigkeit und der Fahrzeuggeschwindigkeit und der erfassten Seitenbeschleunigung als DC-Fehlerkomponente infolge der Straßenüberhöhung zur Korrektur der Seitenbeschleunigung verwendet. Somit wird es ohne Rücksicht auf den Straßenflächenzustand möglich, mit hoher Genauigkeit zu erfassen, ob die Straße eine überhöhte Straße darstellt, was sowohl bei flachen als auch bei überhöhten Straßen dazu führt, dass eine Fahrzeugkörperseitenbeschleunigung und somit ein Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel mit sehr hoher Genauigkeit berechnet bzw. erfassst werden können.

Falls ein Reifen während der Fahrt des Fahrzeugs entlang einer überhöhten Straße einen Schlupf aufweist bzw. rutscht, beinhaltet darüber hinaus die Abweichung  $\Delta\ddot{y}$  gemäß den Ausführungsbeispiel die Fehlerkomponente infolge der Schräge und die Fehlerkomponente infolge des Schlupfes bzw. des Rutschens, was die Schalteinrichtung 20 zur Einspeisung der Abweichung  $\Delta\ddot{y}$  in die Subtrahiereinrichtung 28 für eine Korrektur veranlasst, woraus resultiert, dass eine korrekte Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  nicht erzielt werden kann. Jedoch steht ein derartiges Problem aus Praxisgründen außer Frage, da die vorstehend angeführte Fahrzeugfahrweise selten ist.

Anzumerken ist, dass die Schaltung 30 eine andere Form als die in den Fig. 2 bis 4 dargestellten Strukturen annehmen kann.

# DE 100 49 565 A 1

Gemäß Fig. 11 wird eine andere Art der Schaltung 30 veranschaulicht, welche eine eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit mittels Integration berechnende Integriereinheit 120 und eine auf einem nicht linearen Modell beruhende Schätzungseinheit 122 beinhaltet. Die Integriereinheit 120 schätzt den Seitenschlupfwinkel auf der Grundlage des sensorerfassten Seiten-G-Werts  $\dot{\gamma}$ , der Giergeschwindigkeit  $\Theta$  und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$ , während die Schätzungseinheit den Seitenschlupfwinkel auf der Grundlage des sensorerfassten Seiten-G-Werts  $\dot{\gamma}$ , der Giergeschwindigkeit  $\Theta$ , dem Wert  $\delta f$  und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  schätzt. Da der von der Integriereinheit 120 ausgegebene Schätzwert einen Integratorfehler beinhaltet, wird der Seitenschlupfwinkel durch die Schätzungseinheit 122 bis zu dem kritischen Zustand geschätzt, womit eine Schätzung auf der Grundlage des nicht linearen Modells mit hoher Genauigkeit ermöglicht wird. Wird der kritische Zustand erreicht, nach dem das nicht lineare Modell unwirksam wird, wird eine Schätzung des Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkels von der Schätzungseinheit 122 zu der Integriereinheit 120 geschaltet. Zur Herstellung eines derartigen Schaltvorgangs wird eine Beurteilungseinrichtung 124 für einen kritischen Zustand verwendet.

Gemäß Fig. 12 wird ein Blockschaltbild der auch dem nicht linearen Modell beruhenden Schätzungseinheit 122 veranschaulicht. Das grundlegende Konzept bzw. das Betriebsprinzip ist detailliert in der ungeprüften japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei. 9 (1997)-311042 offenbart. Die sensorerfassten Parameter  $\dot{\gamma}$ , Giergeschwindigkeit  $\Theta$ ,  $\delta f$  und Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  werden jeweils einem Schlupfwinkelschätzungsabschnitt 1a für eine trockene Straßenfläche, einem Schlupfwinkelschätzungsabschnitt 1b für eine schneebedeckte Straßenfläche und einem Schlupfwinkelschätzungsabschnitt 1c für eine eisbedeckte Straßenfläche zugeführt. Die Schlupfwinkelschätzungsabschnitte 1a, 1b und 1c schätzen die Seitenschlupfwinkel auf der Grundlage von Bewegungsgleichungen, Reifeneigenschaften (nicht lineare Reifeneigenschaften) hinsichtlich der jeweiligen trockenen, schneebedeckten und eisbedeckten Straßenfläche verwenden. Danach werden geschätzte Seitenschlupfwinkelwerte  $\hat{\beta}$ -Trocken,  $\hat{\beta}$ -Schnee und  $\hat{\beta}$ -Eis nach einer Addition mit Korrekturwerten  $\Delta\hat{\beta}$  ausgegeben.

Im Detail kann beispielsweise durch den Schlupfwinkelschätzungsabschnitt 1a für eine trockene Straßenfläche der Schlupfwinkel gemäß einer Fahrzeugkörper-Seitenbewegungsformel wie nachstehend erlangt werden:

$$\hat{\beta}' = - (m \cdot \ddot{\gamma} + (C_f \cdot L_f - C_r \cdot L_r) \cdot \Theta / V - C_f \cdot \delta f) / (C_f + C_r) \quad 25$$

wobei gilt:  $m$ : Fahrzeuggewicht,  $L_f$ : Abstand zwischen Vorderachse und Schwerpunkt,  $L_r$ : Abstand zwischen Hinterachse und Schwerpunkt,  $C_f$ : Vorderrad-Seitenführungsleistung,  $C_r$ : Hinterrad-Seitenführungsleistung,  $\ddot{\gamma}$ : Seitenbeschleunigung,  $\Theta$ : Giergeschwindigkeit,  $V$ : Fahrzeuggeschwindigkeit,  $\delta f$ : Lenkwinkel.

Ein Korrekturwert  $\Delta\hat{\beta}$  wird dem Ergebnis der vorstehend angeführten Formel hinzugefügt, um aus einer Lastverschiebung bei einer Fahrzeugwankbewegung resultierende Fehler und einen Modellierungsfehler hinsichtlich der Reifeneigenschaften zu eliminieren. Zur Erzielung bzw. Berechnung des vorstehend angeführten Korrekturwerts  $\Delta\hat{\beta}$  wird die nachstehende Formel verwendet.

$$\Delta\hat{\beta} = -K \cdot m \cdot \Delta \cdot \hat{\beta} / (C_f + C_r) \quad 30$$

wobei gilt  
 K: Tiefpassfilterkonstante,  
 Cf: Vorderrad-Seitenführungsleistung,  
 Cr: Hinterrad-Seitenführungsleistung,

$m$ : Fahrzeuggewicht  
 $\Delta\hat{\beta}$ : Abweichung zwischen einem durch einen Seitenschlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsabschnitt 2 erlangten Wert  $\hat{\beta}$  und einem Wert  $\hat{\beta}$ , der dem abgewichenen bzw. abgeleiteten Wert eines mittels Rückführung geschätzten Schlupfwinkels hinsichtlich der Zeit darstellt.

Auf der Grundlage des Ergebnisses des Straßenflächenbeurteilungsabschnitts wird danach einer der Schätzwerte,  $\hat{\beta}$ -Trocken,  $\hat{\beta}$ -Schnee und,  $\hat{\beta}$ -Eis von den jeweiligen Abschnitten 1a, 1b und 1c ausgegeben. Reifeneigenschaften werden für eine jede der trockenen, schneebedeckten und eisbedeckten Straßenflächen definiert. Ein Restbetrag bzw. Differenzbetrag zwischen dem erfassten Wert  $\dot{\gamma}$  und einem jeden der berechneten Werte  $\dot{\gamma}$  wird erzielt. Danach wird die Straßenfläche mit dem geringsten Differenzbetrag als die gegenwärtige Straßenfläche bzw. die in Frage kommende Straßenfläche betrachtet.

Während eines kritischen Fahrvorgangs des Fahrzeugs rutschen alle Reifen bzw. weisen einen Schlupf auf, woraus resultiert, dass die Seitenführungskräfte gesättigt bzw. ausgenutzt sind. Somit wird die auf den nicht linearen Reifeneigenschaften beruhende berechnete Seitenbeschleunigung  $\dot{\gamma}$  bei der Beurteilungseinrichtung 124 für einen kritischen Zustand sehr viel größer als die sensorerfasste Seitenbeschleunigung  $\dot{\gamma}$  und wird deshalb mit einem vorbestimmten kritischen Wert zur Beurteilung verglichen, ob das Fahrzeug sich in einem kritischen Fahrzustand befindet oder nicht. Wird beurteilt, dass das Fahrzeug sich in einem kritischen Fahrzustand befindet, erfolgt eine Schaltung von der Schätzungseinheit 122 zu der Integriereinheit 124 zur Ausgabe des geschätzten Seitenschlupfwinkels  $\hat{\beta}$ . Dabei ist anzumerken, dass die detaillierten Strukturen gemäß der Fig. 11 und 12 in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. Hei. 11 (1998)-34984 erläutert sind.

Fig. 10 veranschaulicht die Korrekturergebnisse der Seitenbeschleunigung  $\dot{\gamma}$  und die Schätzung des Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkels, welche durch das gegenwärtige Ausführungsbeispiel erzeugt werden. In Abschnitt (a) wird ge-

# DE 100 49 565 A 1

zeigt, wie der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel (die aus den Sensorwerten erlangte Schlupfwinkelgeschwindigkeit) sich im Verlauf der Zeit ändert, welcher durch die sensorfassende Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  und Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  erzielt wird. Darüber hinaus wird ebenso gezeigt, wie sich die Schlupfwinkelgeschwindigkeit (differenzierter Wert des geschätzten Schlupfwinkels) sich im Verlauf der Zeit ändert, welche in der Differenziererheit 12 durch Differenzierung des von der Schaltung 30 geschätzten Schlupfwinkels erzielt wird. In der Zeichnung bezeichnet die x-Achse und die y-Achse jeweils die Zeit und die Schlupfwinkelgeschwindigkeit (Grad/Sekunde). Fährt das Fahrzeug entlang einer flachen Straße sind beide identisch bzw. stimmen miteinander überein. Fährt das Fahrzeug jedoch auf einer Straßenüberhöhung tritt eine Abweichung zwischen diesen Werten aufgrund der Tatsache auf, dass die aus Sensorwerten erlangte Schlupfwinkelgeschwindigkeit eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit entsprechend der aus der Straßenschräge resultierenden Gravitationsbeschleunigungskomponente beinhaltet.

Übersteigt eine derartige Abweichung einen eingestellten Wert, wird die Straße als schräge Straße eingeschätzt. In der Zeichnung wird die schräge Straße zu einem Zeitpunkt  $t_1$  erkannt.

Abschnitt (b) zeigt, wie die Seitenbeschleunigungsabweichung  $\Delta\ddot{y}$  sich im Verlauf der Zeit ändert, wobei die x-Achse und die y-Achse jeweils die Zeit und  $\Delta\ddot{y}$  ( $m/sec^2$ ) bezeichnen. Die Seitenbeschleunigungsabweichung  $\Delta\ddot{y}$  stellt die von der Schräge der Straße abhängende Gravitationsbeschleunigungskomponente dar und wird als der Fehler aus einer maßgeblichen Fahrzeugseitenbeschleunigungsabweichung  $\Delta\ddot{y}$  betrachtet und als Gleichstromfehler bzw. DC-Fehler festgelegt. Fährt das Fahrzeug entlang einer flachen Straßenfläche bleibt die Abweichung gleich 0. Sobald das Fahrzeug jedoch beginnt, entlang der schrägen Straße zu fahren, wird die Fahrzeugkörperseitenbeschleunigungsabweichung  $\Delta\ddot{y}$  infolge der Tatsache erzeugt, dass auf den Fahrzeugkörper die Gravitationsbeschleunigungskomponente einwirkt.

Abschnitt (c) zeigt mit einer Ein-Punkt-Linie, wie der geschätzte Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel  $\hat{\beta}$  der Schaltung 30 sich im Verlauf der Zeit ändert, welcher auf der Grundlage der korrigierten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  berechnet wird, die durch Subtraktion der Seitenbeschleunigungsabweichung  $\Delta\ddot{y}$  gemäß Abschnitt (b) von der erfassten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  gemäß Abschnitt (a) erzielt wird. In der Zeichnung bezeichnen die x-Achse und die y-Achse jeweils die Zeit (s) und den Seitenschlupfwinkel (Grad). In der Zeichnung sind zum Vergleich der wahre bzw. tatsächliche Wert und der geschätzte Seitenschlupfwinkel der Schaltung 30, der beruhend auf der erfassten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  ohne Korrektur durch die Subtrahiereinrichtung 28 erzielt wird; jeweils in einer fetten bzw. durchgezogenen Linie und einer Zwei-Punkt-Linie veranschaulicht. Sobald das Fahrzeug seine Fahrt auf der Straßenüberhöhungsfäche beginnt, beginnt der Schätzwert sich von dem tatsächlichen Wert zu verschieben und wird unter Fortsetzung der Schätzung, die auf der nicht-korrigierten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  beruht; die vorstehend angeführte Verschiebung infoige der in der nicht-korrigierten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  enthaltenen DC-Fehlerkomponente viel größer (vgl. Zwei-Punkt-Linie). Zum Zeitpunkt  $t_1$ , bei dem die schräge Straße erfasst wird, kann die Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  dem tatsächlichen Wert sehr nahe kommen; weshalb der darauf beruhende geschätzte Seitenschlupfwinkel dem tatsächlichen Wert sehr nahe kommen kann bzw. einen sehr genauen Wert darstellen kann (vgl. Ein-Punkt-Linie).

Darüber hinaus kann die Schaltung 30 den Seitenschlupfwinkel mit der Annahme eines Modells für eine beständige Kreisdrehbewegung wie nachstehend angeführt schätzen.

$$\beta = \{1/(1 + T \cdot s)\} \cdot \{(1 - B \cdot V^2)/(1 - A \cdot V^2)\} \cdot \delta f$$

wobei gilt

40 T: Fahrzeugdynamikeigenschaften angebende Filterkonstante,  
s: Laplace-Operator,  
A, B: Fahrzeugkonstanten, die jeweils von Reifeneigenschaften, Fahrzeugkörpermasse und dergleichen abhängen,  
V: Fahrzeuggeschwindigkeit.

$\delta f$ : Lenkwinkel

45 In dieser Formel bzw. Gleichung ermöglicht eine Einstellung des Parameters A und/oder B in Abhängigkeit des Straßenflächengleitzustands eine sehr genaue Schätzung des Seitenschlupfwinkels, welcher das Erkennen der schrägen Straße bzw. der Straßenüberhöhung ermöglicht. Eine Verwendung von Überwachungseinrichtungen für die Schätzung ist möglich. In jedem Fall ermöglicht die Berücksichtigung des Straßenflächenrutschzustands der Schaltung 30 eine sehr genaue Schätzung des Seitenschlupfwinkels.

50 Erfasst die Straßenüberhöhungserfassungsschaltung 18 die schräge Straße, wird darüber hinaus in diesem Ausführungsbeispiel die erfasste Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  mittels Subtraktion der Abweichung  $\Delta\ddot{y}$  korrigiert. Jedoch sind auch andere Verfahren verfügbar. Beispielsweise kann der Straßenschrägewinkel bzw. der Straßenneigungswinkel  $\phi$  durch die nachstehende Formel erfasst werden.

$$55 \phi = \cos^{-1}(G_z/g),$$

wobei gilt

G<sub>z</sub>: mittels Messung durch einen fahrzeugseitigen G-Sensor erfassste Gravitationsbeschleunigung,

g: Gravitationsbeschleunigung ( $9,8 m/sec^2$ ) an einer flachen Straßenfläche.

60 Die erfasste Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  kann durch Multiplikation mit  $\cos \phi$  korrigiert werden.

Wie vorstehend angeführt können Fahrzeugfahrzustandsgrößen wie etwa der Fahrzeugseitenschlupfwinkel sehr genau unabhängig von dem Straßenflächenzustand erfasst werden.

Die Erfindung wurde veranschaulicht und beschrieben unter Bezugnahme auf spezielle Ausführungsbeispiele. Jedoch sollte verständlich sein, dass die Erfindung keineswegs auf die Einzelheiten der veranschaulichten Strukturen beschränkt ist, sondern dass ohne einem Abweichen von dem Schutzbereich der angefügten Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen durchgeführt werden können.

Bereitgestellt wird eine Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung, die eine Fahrzeugfahrt entlang einer überhöhten Straße, eine Seitenbeschleunigung und einen Seitenschlupfwinkel mit guter Genauigkeit erfassen kann.

# DE 100 49 565 A 1

Der Seitenschlupfwinkel wird mittels einer Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungsschaltung 30, auf der Grundlage eines Lenkwinkels  $\delta$ , einer Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$ , einer Giergeschwindigkeit  $\Theta$  und einer Fahrzeuggeschwindigkeit  $V$  geschätzt. Darüber hinaus wird mittels einer Differenziereinheit 12 der geschätzte Seitenschlupfwinkel zur Berechnung einer Schlupfwinkelgeschwindigkeit differenziert. Mittels einer Subtrahiereinrichtung 13 wird eine Abweichung zwischen der Schlupfwinkelgeschwindigkeit und einer durch eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Berechnungsschaltung 14 erfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit berechnet. Durch die Abweichung kann eine überhöhte Straße infolge der Tatsache erfasst werden, dass die erfasste Schlupfwinkelgeschwindigkeit der Schaltung 14 die von einer Straßenschräge abhängige Gravitationsbeschleunigungskomponente beinhaltet. Auf eine Erfassung einer Straßenüberhöhung hin wird eine Abweichung  $\Delta\ddot{y} (= \Theta \cdot V - \ddot{y})$  von einer Schaltungseinrichtung 20 ausgegeben und wird die erfasste Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  durch Subtraktion der Abweichung  $\Delta\ddot{y}$  bei einer Subtrahiereinrichtung 28 korrigiert. Auf der Grundlage der resultierenden bzw. korrigierten Seitenbeschleunigung  $\ddot{y}$  wird der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel geschätzt. Eine derartige Schätzung erfolgt unabhängig von der Straßenschräge.

## Patentansprüche

1. Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung, mit einer Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung zur Schätzung eines Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkels auf der Grundlage eines Fahrzeugmodells, das von einem Straßenflächeintritszustand abhängt, einer Erfassungseinrichtung zur Erfassung, ob das Fahrzeug auf einer schrägen Straße fährt oder nicht, auf der Grundlage einer Abweichung zwischen einer erfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit und einer auf dem geschätzten Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel bei der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung beruhenden berechneten Schlupfwinkelgeschwindigkeit, und einer Korrekturseinrichtung zur Korrektur einer erfassten Seitenbeschleunigung, wenn die Erfassungseinrichtung erfasst, dass das Fahrzeug auf der schrägen Straße fährt.
2. Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung den Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel auf der Grundlage der bei der Korrekturseinrichtung korrigierten Seitenbeschleunigung schätzt.
3. Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Erfassungseinrichtung beinhaltet: (a) eine Differenziereinheit, in der der bei der Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel-Schätzungseinrichtung geschätzte Fahrzeugkörperseitenschlupfwinkel bezüglich der Zeit differenziert wird, (b) eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Erfassungseinheit, die eine Schlupfwinkelgeschwindigkeit auf der Grundlage der erfassten Seitenbeschleunigung, einer erfassten Giergeschwindigkeit und einer erfassten Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt, (c) eine Subtrahiereinheit, die eine Subtraktion zwischen einer bei der Differenziereinheit berechneten Schlupfwinkelgeschwindigkeit und der bei der Schlupfwinkelgeschwindigkeit-Erfassungseinheit erfassten Schlupfwinkelgeschwindigkeit ausführt, und (d) eine Vergleichseinheit, die einen Vergleich zwischen der bei der Subtrahiereinheit berechneten Abweichung und einem Schwellenwert durchführt.
4. Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Korrekturseinrichtung eine Korrektur der Seitenbeschleunigung in einer derartigen Weise ausführt, dass von der erfassten Seitenbeschleunigung eine Abweichung zwischen der erfassten Seitenbeschleunigung und einem Produkt aus der erfassten Giergeschwindigkeit und der erfassten Fahrzeuggeschwindigkeit subtrahiert wird.
5. Fahrzeugfahrzustand-Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Korrekturseinrichtung eine Korrektur der erfassten Seitenbeschleunigung auf der Grundlage einer Gravitationsbeschleunigung entlang einer vertikalen Fahrzeugrichtung ausführt.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

- 12: DIFFERENZIEREINHEIT  
 14: SCHLUPPWINKELGESCHWINDIGKEIT.  
 16: TIEFPASSFILTERSCHALTUNG  
 18: STRASSENÜBERHÖHUNGSSERFASSUNGS-  
 SCHALTUNG.  
 20: SCHALTEINRICHTUNG  
 22: MULTIPLIZIERERSCHALTUNG  
 26: TIEFPASSFILTERSCHALTUNG  
 30: FAHRZEUGKÖRPERSEITENSCHLUFF-  
 SCHÄTZUNGSSCHALTUNG.

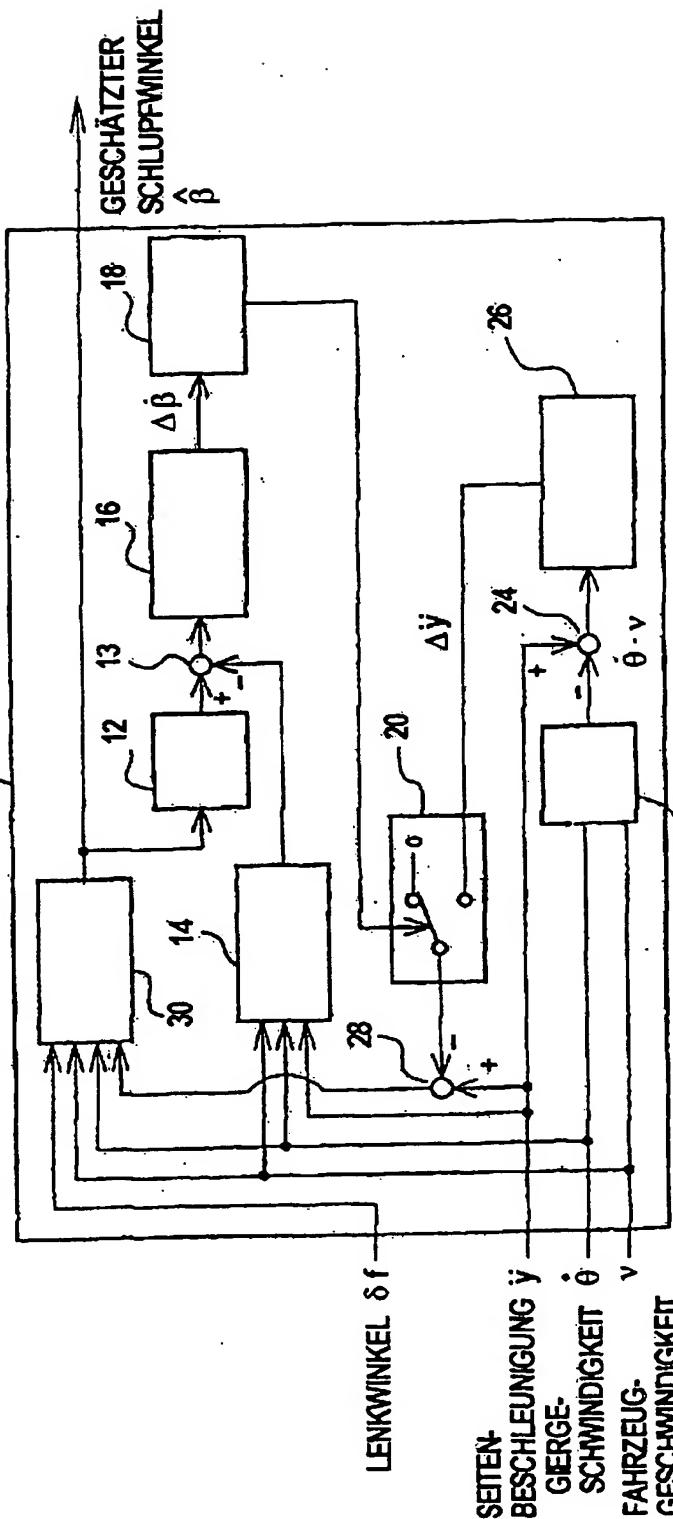


FIG. 1

FIG.2

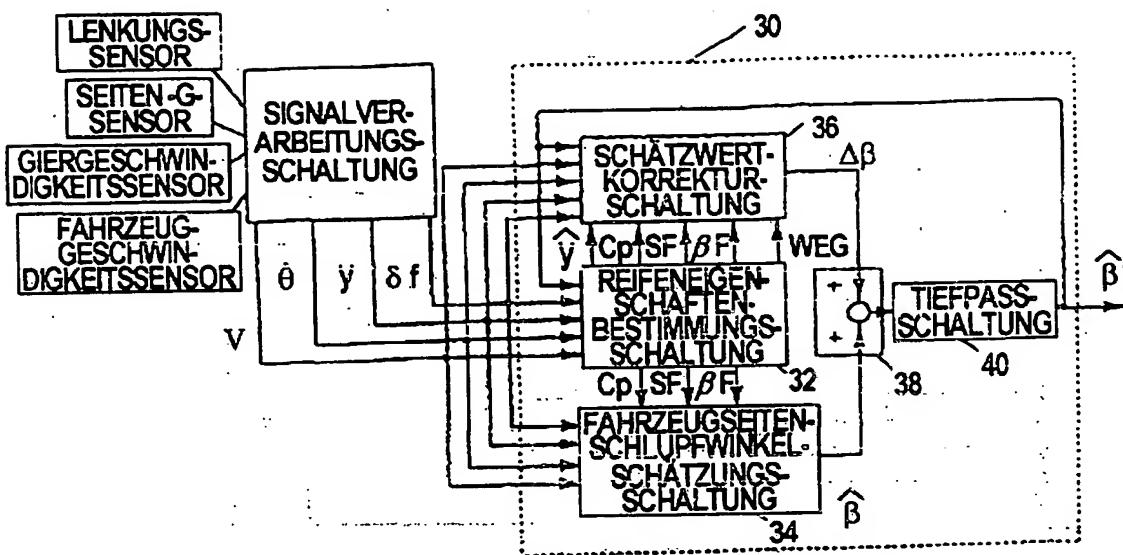


FIG.3

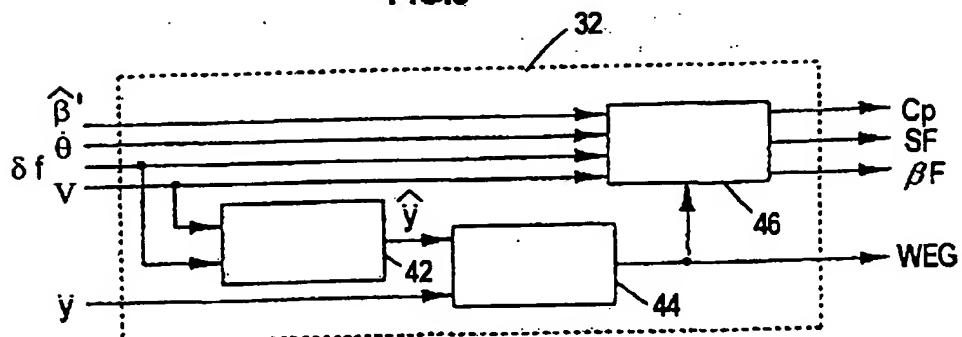


FIG. 3

42: MODELL FÜR BESTÄNDIGE KREISDREHUNG  
 44: STRASSENFLÄCHENBEURTEILUNGSSCHALTUNG  
 46: REIFENEIGENSCHAFTEN-AUSWAHLSSCHALTUNG

FIG.4

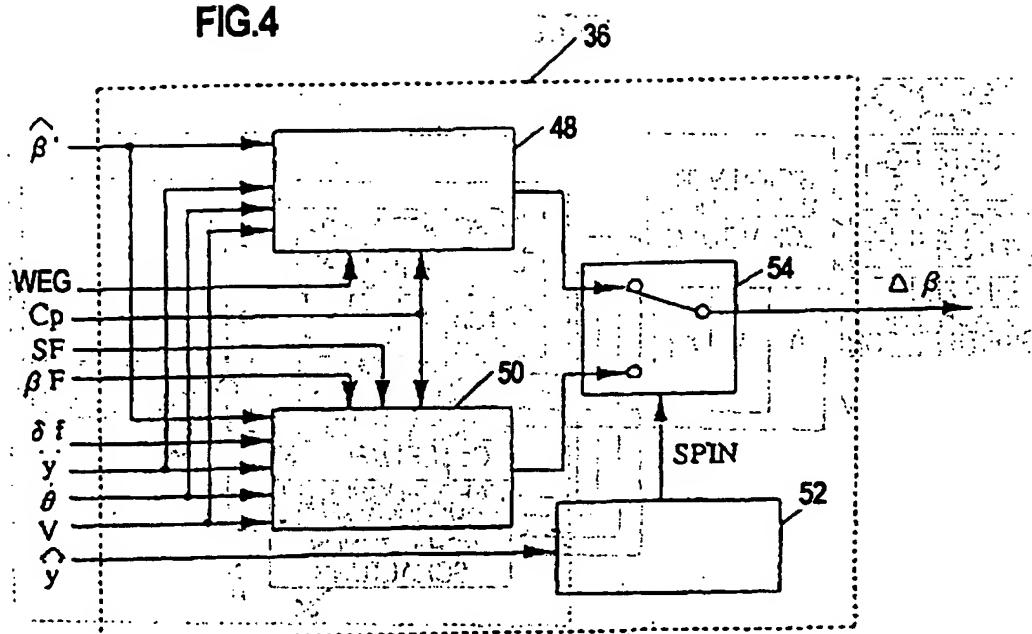


FIG.4

48: NORMALZUSTAND-KORREKTURSCHALTUNG  
 50: KORREKTURSCHALTUNG FÜR ABNORMALEN DREHZUSTAND  
 52: BEURTEILUNGSSCHALTUNG FÜR ABNORMALEN DREHZUSTAND  
 54: KORREKTURSCHALTSTROMKREIS

FIG.5

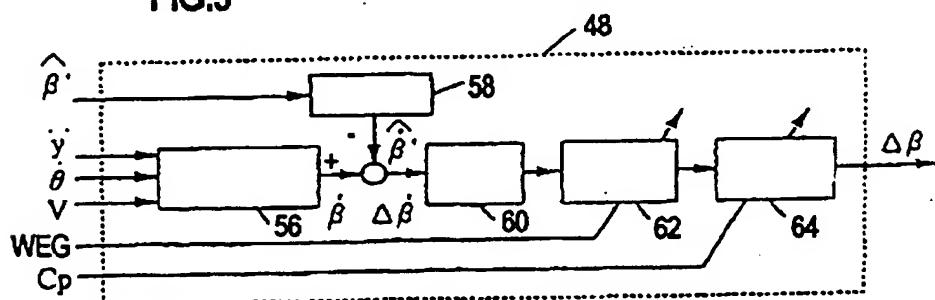


FIG.5

56: SCHLUFFWINKELGESCHWINDIGKEITBERECHNUNGSSCHALTUNG  
 58: DIFFERENZIERSCHALTUNG  
 60: TIEFPASSSCHALTUNG  
 62: KORREKTURVERSTÄRKUNG  
 64: KORREKTURSCHALTUNG

FIG.6

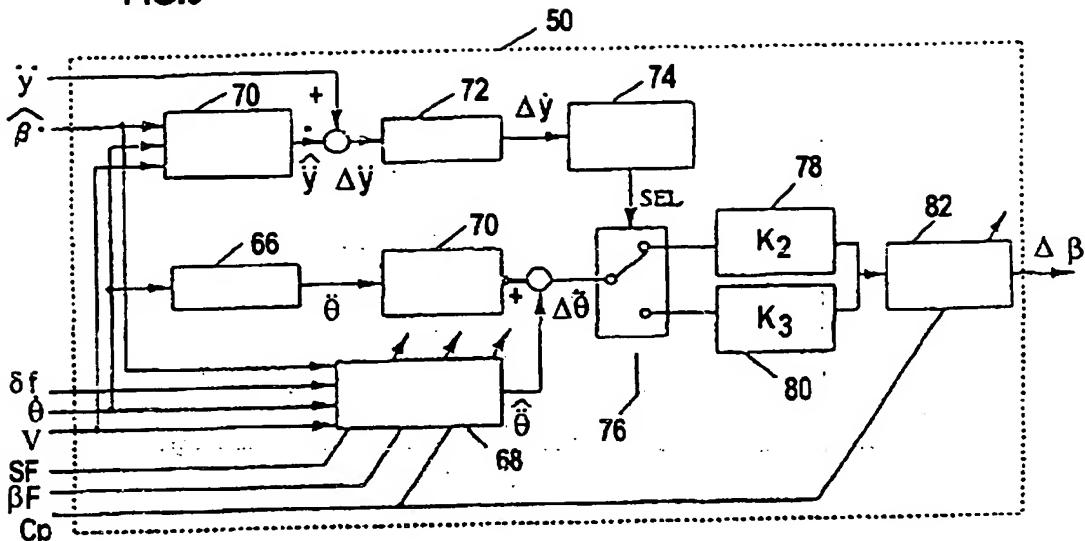


FIG.6

66: DIFFERENZIERSCHALTUNG  
 68: GIERWINKELBESCHLEUNIGUNG-  
 SCHÄTZUNGSSCHALTUNG  
 70: SEITEN-G-SCHÄTZUNGSSCHALTUNG  
 70: TIEFPASSSCHALTUNG  
 72: INTEGRIERSCHALTUNG

74: SUMMENFEHLER-  
 VERGLEICHSSCHALTUNG  
 76: VERSTÄRKUNGSSCHALTSTROMKREIS  
 78,80: KORREKTURVERSTÄRKUNG  
 82: KORREKTURSCHALTUNG

FIG.7

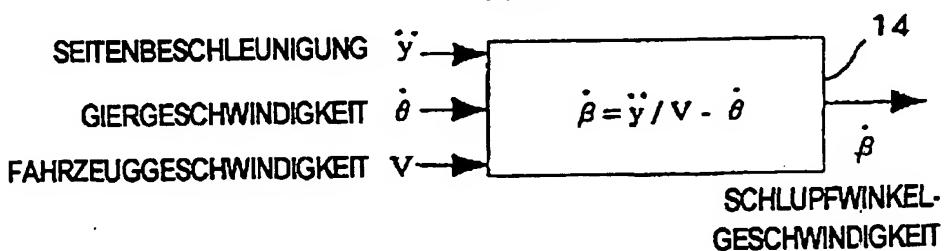


FIG.8

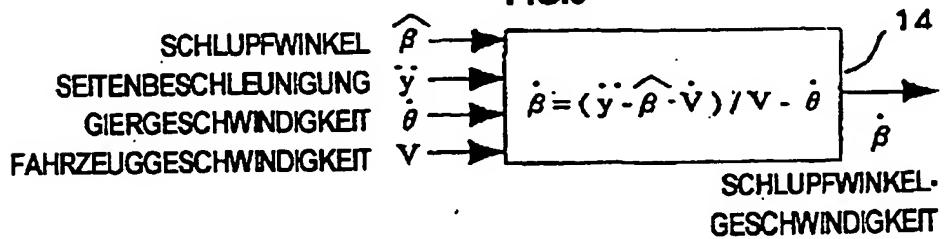
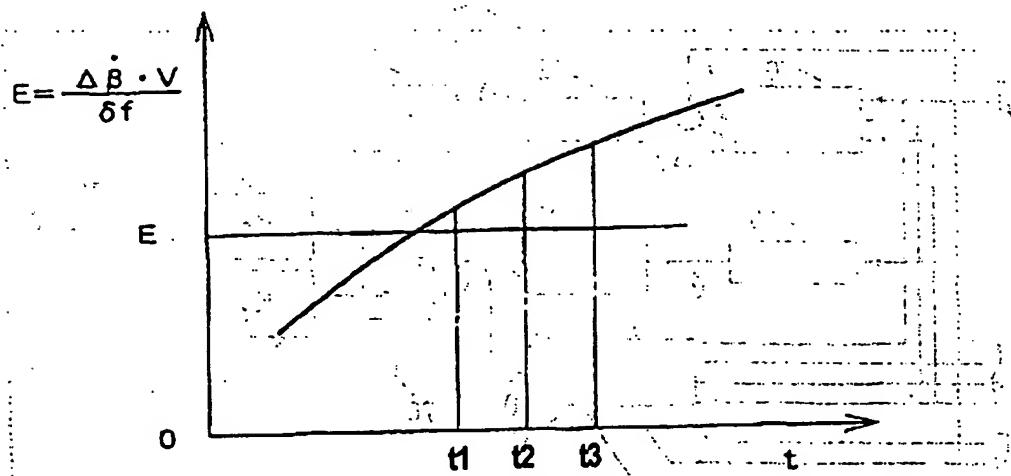


FIG.9



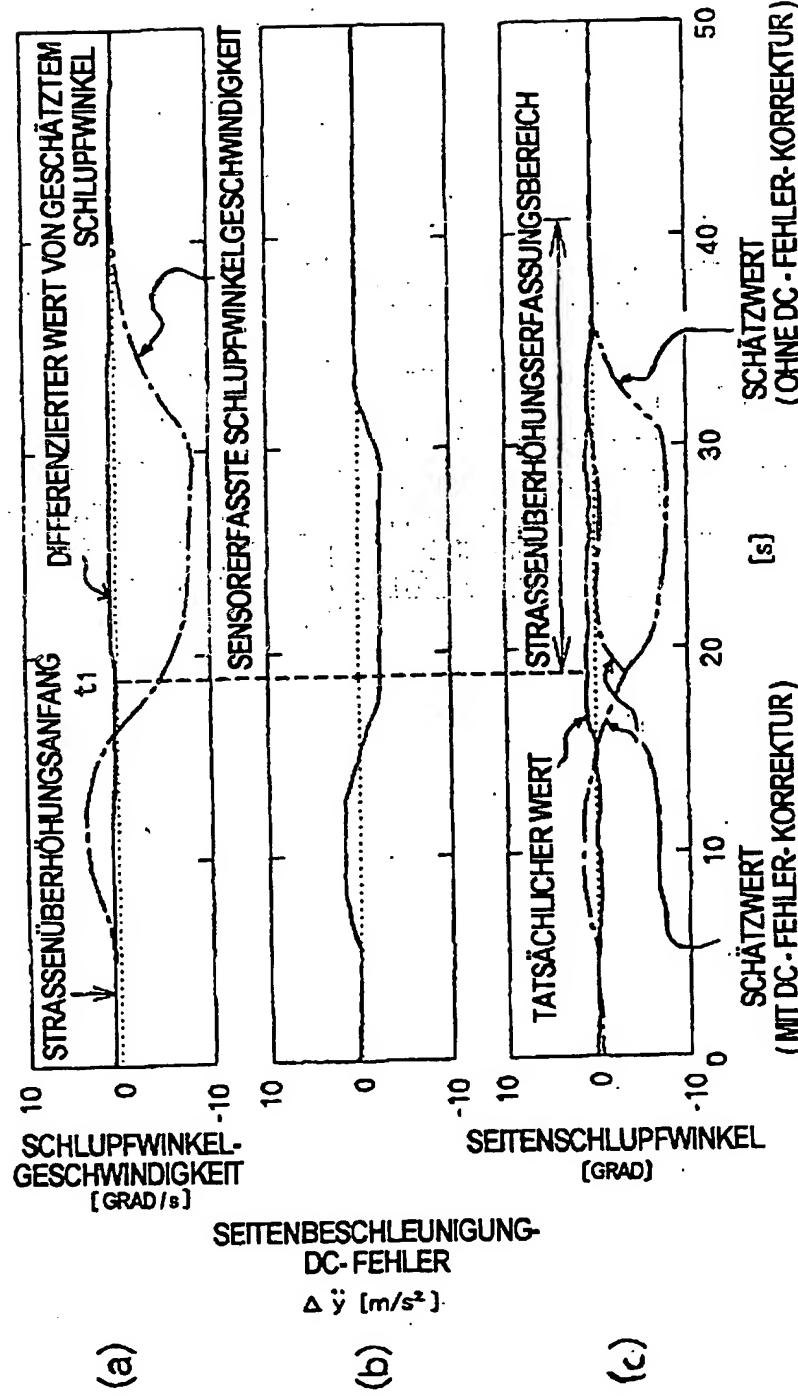


FIG. 10

FIG. 11

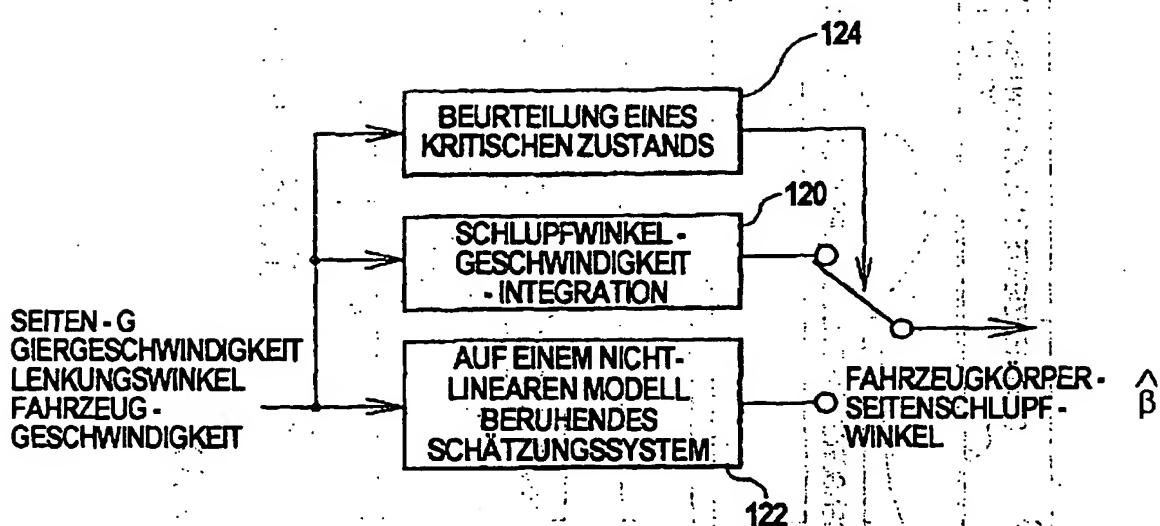
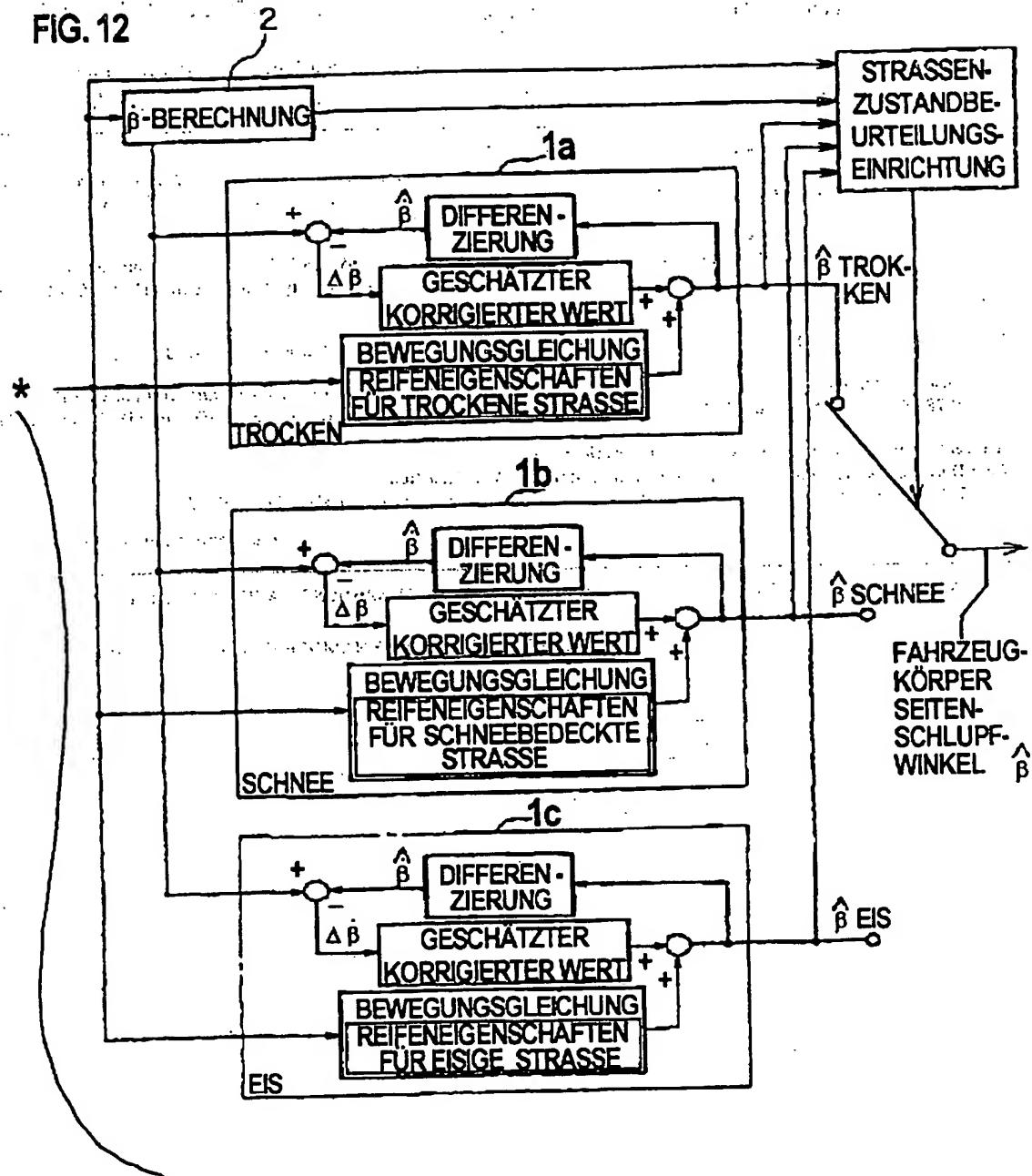


FIG. 12



\* SEITEN-G  
GIERGESCHWINDIGKEIT  
LENKUNGSWINKEL  
FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**